临床研究

胎儿心脏数字化三维模型构建

王志坚[1],陈玉英[1],杨 芳[1],石 瑾[2],何艳红[1],朱晓雯[1],曹艳文[1],陈淑滢[1],陈瑞莹[3]
南方医科大学南方医院[1]妇产科,[2]神经外科实验室,[3]影像科,广东 广州 510515

摘要:目的 探讨构建胎儿心脏数字化三维模型的方法。**方法** 选择因"心脏外畸形或染色体异常"引产的胎儿4例,从脐静脉注射混合有造影剂和铸型剂的灌注剂后行CT扫描获取原始二维断层图像数据集,利用Mimics 14.0软件构建胎儿心脏数字化三维模型。**结果** 构建的胎儿心脏三维模型三维效果逼真,用不同颜色标记左心房、左心室、右心房、右心室、升主动脉及其分支、主肺动脉及其分支、上腔静脉和下腔静脉,可显示单一或多个结构,可在三维空间任意缩放、平移、任意旋转轴任意角度旋转。此外,还可对各个血管进行管径测量。**结论** 基于CT数据集,利用三维重建技术可构建出理想的胎儿心脏模型,对临床教学和解剖教学均具有重要意义。

关键词: 胎儿;心脏;数字化;三维重建

Reconstruction of a digital three-dimensional model of fetal heart

WANG Zhijian[1], CHEN Yuying[1], YANG Fang[1], SHI Jin[2], HE Yanhong[1], ZHU Xiaowen[1], CAO Yanwen[1], CHEN Shuying[1], CHEN Ruiying[3]
[1]Department of Gynaecology and Obstetrics, [2]Department of Neurosurgery Laboratory, [3]Department of Image Center, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective To explore the methods for constructing the digital three-dimensional model of fetal heart. **Methods** Original two-dimensional CT image data sets were collected from 4 abortion fetuses with fetal malformations but not heart malformation or chromosomal abnormalities. The three-dimensional fetal heart model was reconstructed using Mimics14.0 software. **Results** In the reconstructed three-dimensional fetal heart, the left atrium, left ventricle, right atrium, right ventricle, the ascending aorta, the main pulmonary and their branches, the superior cava and inferior vena cava were marked with different colors, and these structures could be displayed individually or with other structures. This model also allowed three-dimensional arbitrary scaling, shifting or rotation at any angle, and the diameter of the each vessel could be measured with the software. **Conclusion** The fetal heart model can be successfully reconstructed from the CT datasets using three-dimensional reconstruction software to facilitate clinical and anatomical teaching.

Key words: fetus; heart; digitalization; three-dimensional reconstruction

胎儿先天性心脏病(简称先心病)在我国新生儿先天缺陷中排名首位[1],在活产儿中发生率约为0.3%~1.0%[2-3]。目前,胎儿先天性心脏病的诊断主要靠产前超声检查,除了受胎儿体位、胎动的影响外,超声诊断胎儿先心病更依赖于超声工作者的操作手法及个人经验,特别是对正常心脏解剖结构的熟识以及对各类先心病的结构异常和血流动力学改变的认识[4-5]。超声工作者主要通过尸体解剖或二维解剖图谱学习胎儿心脏解剖,但只有少数的超声工作者有机会参与尸体解剖,而二维图谱只能显示心脏的某一个侧面,不能完整地观察心脏的立体结构。因此,建立胎儿心脏的数字化三维模型具有重要意义。本文利用CT扫描技术结合计算机三维重建技术对4例正常胎儿心脏进行三维模型构建。

收稿日期:2014-12-21
基金项目:国家自然科学基金(31271417)
Supported by National Natural Science Foundation of China (31271417).
作者简介:王志坚,硕士,主任医师,E-mail: wangzhijian2046@sina.com
通信作者:杨 芳,博士,副主任医师,电话:020-61641549, E-mail: fangfangy@hotmail.com

1 资料和方法

1.1 临床资料

选择4例在南方医科大学南方医院妇产科引产的胎儿,1例为妊娠25[+4]周,B超提示胎儿骶尾部囊性包块,标记为1号标本;1例为妊娠25[+5]周,B超提示胎儿颅内发育异常—透明隔腔消失、侧脑室前脚融合(考虑视隔发育不良),左侧室管膜囊肿,标记为2号标本;1例为妊娠23[+6]周,羊水穿刺结果提示21-三体综合征,标记为3号标本;1例为妊娠26[+2]周,B超提示胎儿颜面部巨大包块,标记为4号标本。产前B超检查均未见心脏异常。经孕妇及家属同意将引产胎儿尸体捐献参加本研究。引产方法为羊膜腔内注射利凡诺100 mg。

1.2 脐静脉灌注和CT扫描

1.2.1 脐静脉灌注 胎儿排出后12 h内备好灌注剂(自凝牙托粉、自凝牙托水、邻苯二甲酸二丁酯的比例为3∶7

∶3,每100 ml铸型剂中加入氧化铅粉5 g和少量红色油画颜料)、玻璃插管、塑料注射器[6]。将胎儿放置在方盘中,找到脐带,分离脐静脉,插入玻璃插管并固定。从玻璃插管处缓慢注射灌注剂,速度不宜过快以避免血管破裂,直到注射阻力增大至注射困难时停止,取出玻璃插管,结扎脐静脉。待灌注剂充分硬化后行CT扫描。

1.2.2 CT扫描 采用德国西门子公司生产的双源CT(SOMATOM Definition),扫描范围为胎儿胸部,扫描层厚0.6 mm,扫描数据以DICOM格式存入光碟保存。

1.3 数字化三维模型的构建

将DICOM数据集直接导入三维重建软件Mimics14.0(Materialise公司,比利时),经初始蒙罩后,点击橡皮擦工具(clear mask)将其转换为空白蒙罩。根据解剖知识,利用蒙罩编辑(edit masks)中的绘画工具(draw)逐层勾画出左心室的轮廓,最后经3D计算功能(calculate 3D from mask)构建出左心室的数字化三维重建模型。得到的三维模型不平滑,比较粗糙,点击光滑处理工具(smoothing)使模型边缘顺滑[7-8]。采用相同的方法依次构建左心房、右心室、右心房、升主动脉及其分支、主肺动脉及其分支、上腔静脉和下腔静脉的数字化三维重建模型。最后将构建好的心脏数字化三维模型以STL格式导出并保存。

2 结果

重建的心脏三维模型三维效果逼真,用不同颜色显示左心房、左心室、右心房、右心室、升主动脉及其分支、主肺动脉及其分支、上腔静脉和下腔静脉(图1、2),可显示单一或多种结构,并可在三维空间任意缩放、平移、任意旋轴任意角度旋转。此外,还可利用Mimics软件的测量工具(Measure 3D Distance)测量各个血管的管径,1号标本升主动脉4.10 mm,降主动脉4.11 mm,主肺动脉5.28 mm,左肺动脉3.61 mm,右肺动脉3.58 mm。

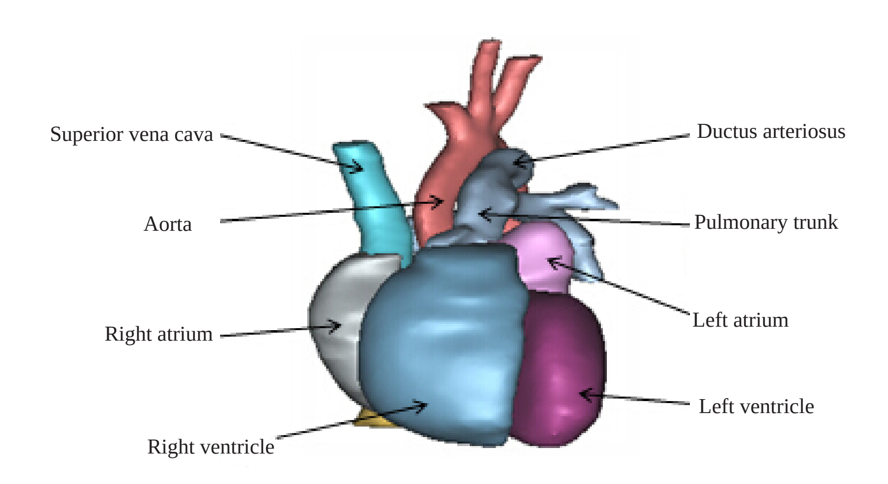


图1 1号标本胎儿心脏数字化三维模型正面观
Fig.1 Frontal view of a digital three-dimensional fetal heart modle for sample 1.

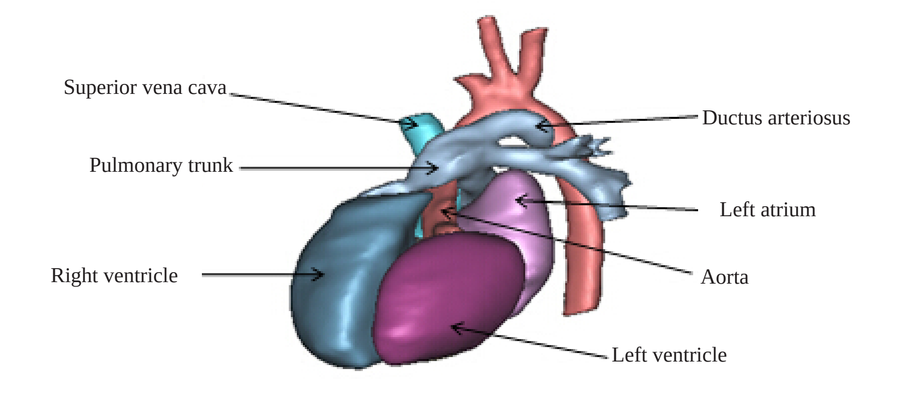


图2 1号标本胎儿心脏数字化三维模型侧面观
Fig.2 Lateral view of a digital three-dimensional fetal heart model for sample 1.

3 讨论

3.1 胎儿心脏的灌注方法

CT的成像原理是不同组织对X射线有不同的衰减系数,因此胎儿心脏灌注是CT扫描前的重要步骤。目前文献报道的胎儿心脏灌注方法并不多,常用的胎儿心脏灌注方法有经颈部血管灌注、经脐动脉灌注、经股动脉灌注、B超引导下左心室灌注、经脐静脉灌注。Russell等[9]研究提示经颈部血管灌注后能清楚显示主动脉弓、动脉导管等解剖结构,但会出现心脏充盈不足。Gronvall等[10]采用经脐动脉和经股动脉两种方法灌注胎儿心脏,但结果并不理想。Votino等[11]使用经脐静脉、B超引导下左心室灌注两种方法对胎儿心脏进行灌注,效果较好,但部分经脐静脉灌注的胎儿出现灌注不足(可能与灌注剂量不足有关,灌注量为20~40 ml),部分B超引导下左心室灌注的胎儿出现灌注剂泄露。本实验中采取的是经脐静脉灌注,与其他方法相比,脐静脉容易分离,无需超声引导,且符合胎儿血流动力学改变,但在灌注过程中应注意灌注的速度以及灌注的阻力。在前期试验中,灌注后出现1例心包腔泄露(胎儿有心包积液),1例出现灌注不足。因此,灌注时速度不宜过快,以避免血管破裂。因为胎儿的血容量随孕周、体质量等不同而有所差异,无法计算或估计灌注量,因此灌注终止点取决于灌注压力,即灌注压力增加至灌注困难时停止灌注。此外,开始灌注时需回抽注射器以避免空气灌注。牙托粉牙托水属聚合反应,且无挥发性,所以无需补灌注。如出现灌注不足,应在灌注剂未硬化前进行再次灌注。总之,脐静脉灌注是简便快捷、有效的胎儿心脏灌注方法,但应注意灌注的速度以及灌注量。

3.2 构建胎儿先心病心脏数字化三维模型的意义

长期以来,由于B超具有无辐射、无创、可重复、经济方便等优点,是产前筛查及诊断各类胎儿畸形,包括先天性心脏病的首选检查方法[12]。但胎儿先天性心脏病的诊断很大程度上依赖于超声工作者的个人经验,特别是对各类先天性心脏病的解剖学异常的掌握。目前超声工作者了解的胎儿先心病的解剖学异常主要是通过尸体解剖或二维解剖图谱,但只有少数超声工作者有机会参与尸体解剖,而二维解剖图谱只能显示三维解剖结构的某个侧面,不能完整观察三维结构。2013年,任冰等[13]采用铣切技术获取二维数据集并成功构建了1例单心室的心脏数字化三维模型,但数字人技术要求特殊的铣切机器,操作复杂,开展较困难。本实验利用胎儿灌注后心脏CT扫描的DICOM原始数据,在Mimics14.0软件中对心脏进行三维重建,得到的数字化三维重建模型可在三维空间任意缩放以及任意旋轴任意角度旋转,同时不同结构用不同的颜色标记,可显示单一结构或多个结构,可清楚地观察各个结构的毗邻关系以及各大血管的走形、分支,弥补了二维解剖图谱的不足,有助于超声工作者更完整、准确地学习胎儿心脏及大血管的正常生理解剖结构。此外,本研究还为建立各类胎儿先心病的心脏数字化三维模型打下基础,有助于超声工作者更完整、准确地学习各类先心病的解剖学异常,从而提高临床上胎儿先心病的检出率。

综上所述,基于CT数据集构建胎儿先心病心脏三维重建模型方法简便快捷,可得到理想的胎儿先心病心脏模型,为临床教学和解剖教学提供逼真、立体感强的三维解剖图谱。

参考文献:

[1] 中国妇幼卫生事业发展报告(2011)[J]. 中国妇幼卫生杂志, 2012, 3(2): 49-58.

[2] Montaña E, Khoury MJ, Cragan JD, et al. Trends and outcomes after prenatal diagnosis of congenital cardiac malformations by fetal echocardiography in a well defined birth population, Atlanta, Georgia, 1990-1994[J]. J Am Coll Cardiol, 1996, 28(7): 1805-9.

[3] Allan L, Benacerraf B, Copel JA, et al. Isolated major congenital heart disease[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2001, 17(5): 370-9.

[4] 全国胎儿心脏检查协作组. 胎儿心脏超声检查规范化专家共识[J]. 中华超声影像学杂志, 2011, 20(10): 904-9.

[5] 严英榴. 先天性心脏病的产前筛查及诊断[J]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2010, 4(6): 706-10.

[6] 陈淑滢, 曲戎梅, 戴景兴, 等. 胎盘血管三维模型构建用血管灌注技术[J]. 中国临床解剖学杂志, 2012, 30(5): 594-5.

[7] 王志坚, 刘 萍, 钟 梅, 等. 基于增强CT连续扫描数据的胎盘植入患者产后盆腔结构三维模型的构建及意义[J]. 现代妇产科进展, 2012, 21(7): 513-5.

[8] 刘 萍, 陈若兰, 郭传家, 等. 基于磁共振成像的肛门外括约肌数字化三维模型构建[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(2): 177-9.

[9] Russell GA, Berry PJ. Post mortem radiology in children with congenital heart disease[J]. J Clin Pathol, 1988, 41(8): 830-6.

[10] Grønvall J, Graem N. Radiography in post-mortem examinations of fetuses and neonates. Findings on plain films and at arteriography[J]. APMIS, 1989, 97(3): 274-80.

[11] Votino C, Cannie M, Segers V, et al. Virtual autopsy by computed tomographic angiography of the fetal heart: a feasibility study[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2012, 39(6): 679-84.

[12] 黄巧燕. 胎儿先天性心脏病的产前超声诊断现状[J]. 医学综述, 2014, 20(5): 900-2.

[13] 任 冰, 夏红梅, 谭立文, 等. 数字化单心室胎儿人体结构数据集采集与心脏三维重建[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(4): 646-50.

(编辑:黄开颜)